

NGHIÊN CỨU HIỆU QUẢ GIẢM SÓNG CỦA ĐÊ KẾT CẤU RỖNG TRÊN MÔ HÌNH MÁNG SÓNG

Thiều Quang Tuấn

Trường đại học Thủy Lợi

Đình Công Sản, Lê Xuân Tú, Đỗ Văn Dương

Viện Khoa học Thủy lợi miền Nam

Tóm tắt: Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu xây dựng công thức đánh giá khả năng khả năng triệt giảm sóng của đê giảm sóng kết cấu rỗng và phân tích sự biến đổi hình dạng phổ sóng trước và sau công trình tại khu vực nước nông của rừng ngập mặn dựa trên thí nghiệm mô hình vật lý 2D trong máng sóng.

Từ khóa: Đê giảm sóng kết cấu rỗng, hệ số truyền sóng, sóng phản xạ, mô hình vật lý 2D

Abstract: In this paper presents the result of establishing a new empirical formula of wave transmission at this type of porous breakwater and analysis wave energy spectra transformation before and after this structure in the shallow water base on the 2D physical model experiment in the wave flume.

Keywords: porous breakwater, wave transmission, wave reflection, 2D physical model

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây quá trình sạt lở bờ biển đang diễn ra hết sức nghiêm trọng ở dải ven biển đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) làm suy thoái rừng ngập mặn, theo nghiên cứu của Viện khoa học Thủy lợi miền Nam (SIWRR) xói lở bờ biển đã xảy ra trên 280/774 km đường bờ với tốc độ xói lở từ 1-20m/năm. Có nhiều giải pháp bảo vệ bờ biển và phát triển rừng ngập mặn một cách tự nhiên ở đồng bằng sông Cửu Long, trong đó với dạng công trình cứng thì đê giảm sóng xa bờ có kết cấu rỗng đang là một trong những giải pháp được nghiên cứu và ứng dụng bởi khả năng trao đổi trầm tích và bẫy bùn cát. Đặc điểm của đê giảm sóng xa bờ kết cấu rỗng là cho sóng có thể truyền qua với mức độ nhất định với mục đích trao đổi trầm tích bùn cát, gây bồi tụ giúp phát triển rừng ngập mặn. Do đó, việc xác định các thông số khi thiết kế công trình như hiệu quả giảm sóng, sóng phản xạ trước công trình và tối ưu hệ số tiêu tán năng lượng sóng cần thiết phải nghiên cứu để đánh giá tương tác giữa sóng và công trình, cũng như xem xét khả năng làm việc của công trình trong các điều kiện thủy động lực học biến đổi khác nhau. Trong nghiên cứu này, công thức xác định hệ số truyền sóng của đê giảm sóng kết cấu rỗng được xây dựng dựa trên phân tích dữ liệu đo đạc trong phòng thí nghiệm Thủy động lực học sóng biển- Viện Khoa học Thủy lợi Miền nam và các nghiên cứu trước đây về công trình đê giảm sóng đỉnh thấp (LCS) của Van der Meer et al. 2005; Chen et al. 2008; Li and Xie 2008, công trình đê giảm sóng dạng cọc có dầm mũ của Luth et al. 1994; van der Meer et al. 2005; Christou et al. 2008; Su-xiang ZHANG and Xi LI 2014. Kết quả của nghiên cứu được sử dụng cho việc tính toán thiết kế và đánh giá hiệu quả làm việc và công trình đê giảm sóng với cấu kiện rỗng được sử dụng trong nghiên cứu này.

2 MÔ HÌNH VẬT LÝ

2.1 Cơ sở thí nghiệm

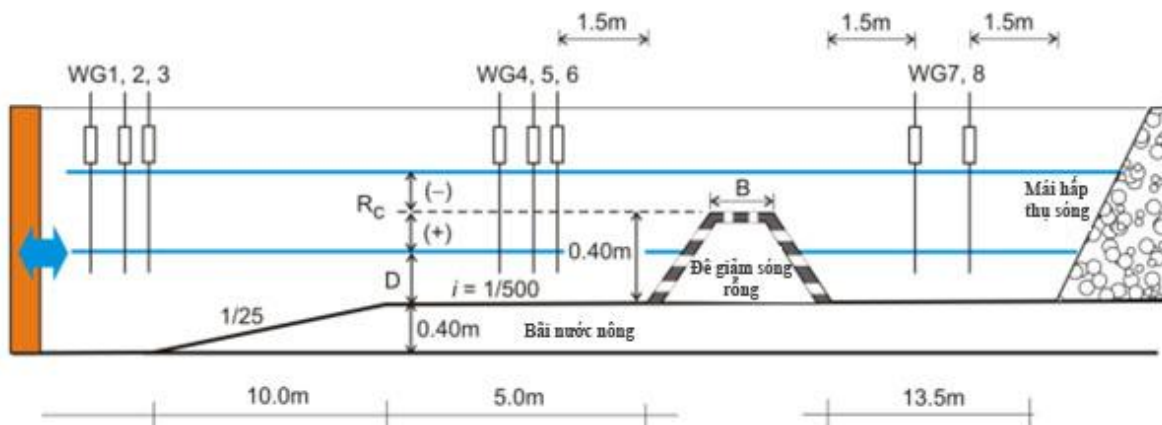
Thí nghiệm được thực hiện trong máng sóng của phòng thí nghiệm thủy động lực sông biển- Viện Khoa học Thủy lợi Miền nam (Hình 1). Các cơ sở thiết bị máy móc được cung cấp bởi HR Wallingford. Chiều dài máng sóng là 35m, chiều rộng 1.2m và cao 1.5m. Hệ thống máy tạo sóng được trang bị khả năng hấp thụ sóng phản xạ (Active Reflection Compensation), có thể tạo ra sóng ngẫu nhiên hoặc sóng đều với chiều cao lên đến 0.30m và chu kỳ đỉnh 3.0s, sóng được đo với tần số 100Hz (độ chính xác $\pm 0.1\text{mm}$).



Hình 1. Máng sóng thí nghiệm Viện Khoa học Thủy lợi Miền nam

2.2 Mô hình thí nghiệm

Cấu kiện đê giảm sóng dùng để thí nghiệm gồm hai mặt với các lỗ tròn được bố trí hai hàng có kích thước bằng nhau và phần trăm lỗ rỗng bề mặt của cấu kiện là 17.7%. Vật liệu làm cấu kiện là bê tông cốt sợi phi kim được cung cấp và phát triển bởi công ty Busadco. Mô hình thiết lập thí nghiệm (Hình 3), với chiều cao của đê giảm sóng là 0.40m, bãi nông rừng ngập mặn được mô phỏng với độ dốc 1/500, mái chuyển tiếp giữa khu vực nước sâu và nước nông được thiết kế với độ dốc 1/25. Sóng đến trước công trình hầu hết bị vỡ ở mái chuyển tiếp này nhằm tạo tính chất sóng tương tự như thực tế. Mái hấp thụ sóng được thiết kế bằng đá đổ với độ dốc 1/4, hệ số sóng phản xạ luôn nhỏ hơn 10% khi không có công trình.



Hình 2. Sơ đồ bố trí thí nghiệm



Hình 3. Thiết lập thí nghiệm truyền sóng qua đê giảm sóng kết cấu rỗng

Tổng số kịch bản thí nghiệm là 60 kịch bản được tổng hợp trong Bảng 1 (bao gồm 30 kịch bản không có công trình). Tổ hợp các kịch bản từ 6 điều kiện sóng đặc trưng và 5 mực nước (cả ngập và không ngập công trình) từ điều kiện thủy lực đặc trưng cho khu vực ĐBSCL. Quan hệ giữa chiều cao và chu kỳ sóng được tính toán theo Linh and Tuấn (2015). Điều kiện biên thông số sóng được mô phỏng bằng dạng phổ JONSWAP với $\gamma=3.30$. Mỗi thí nghiệm được thực hiện ít nhất trong khoảng thời gian $500T_p$ (s). Tỷ lệ mô hình được lựa chọn dựa trên năng lượng máng sóng và thông số điều kiện biên: $N_L=10$ (tỷ lệ dài), $N_t=3.16$ (tỷ lệ thời gian). Tổng số kịch bản thí nghiệm là 60 kịch bản được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Kịch bản thí nghiệm

| Trường hợp | Tham số sóng | | Chiều cao lưu không R_c / Độ sâu nước D (m) | Kịch bản |
|-------------|--------------|-----------|---|-----------------------------------|
| | H_{m0} (m) | T_p (s) | | |
| WP6-BW-JSW1 | 0.10 | 1.79 | | Không công trình Có công trình |
| WP6-BW-JSW2 | 0.12 | 1.88 | 0.20/0.20 | |
| WP6-BW-JSW3 | 0.15 | 2.00 | 0.10/0.30 | |
| WP6-BW-JSW4 | 0.17 | 2.07 | 0.00/0.40 | |
| WP6-BW-JSW5 | 0.20 | 2.16 | -0.10/0.50 | |
| WP6-BW-JSW6 | 0.22 | 2.20 | -0.15/0.55 | |

3 KẾT QUẢ VÀ PHÂN TÍCH

3.1 Ảnh hưởng của các thông số lên quá trình truyền sóng

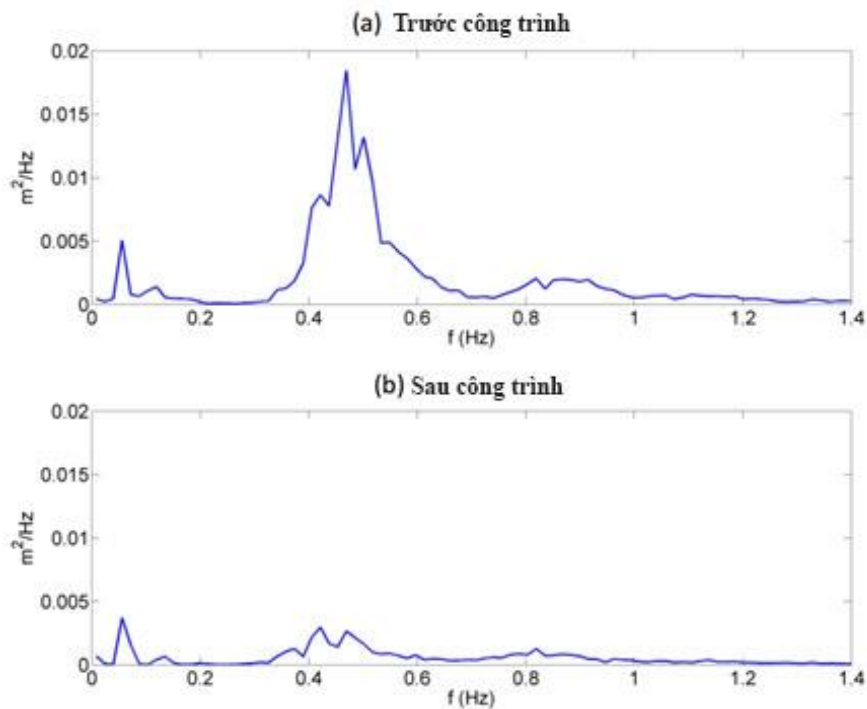
Giống như các đê giảm sóng truyền thống trước đây, sóng truyền qua đê giảm sóng kết cấu rỗng phụ thuộc vào hàm của tổ hợp chiều cao lưu không đỉnh đê, bề rộng đỉnh đê, độ dốc mái công trình, độ rỗng bề mặt cấu kiện và tính chất sóng. Để xác định công thức truyền sóng qua đê giảm sóng có hai yếu tố quan trọng ảnh hưởng là của chiều cao lưu không đỉnh đê và chỉ số tương tự sóng vỡ Iribarren được phân tích dựa trên số liệu thí nghiệm thực đo. Bên cạnh hai yếu tố kể trên thì các yếu tố như độ rỗng cấu kiện hay bề rộng đỉnh cấu kiện là các hằng số không đổi thể hiện đặc trưng của cấu kiện nên không được phân tích trong nghiên cứu này.

Sự biến đổi phổ sóng trong khu vực nước nông

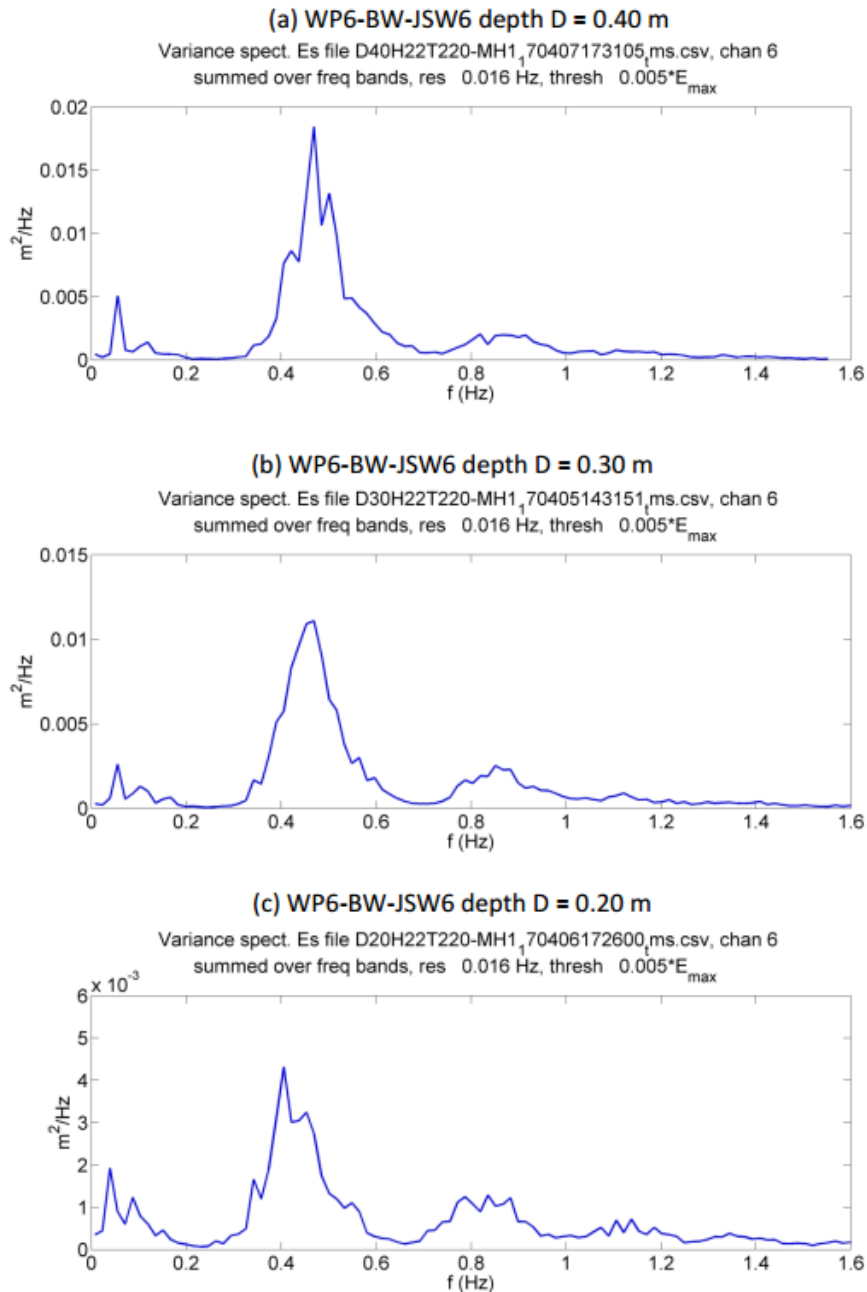
Phổ sóng tại khu vực nước nông phía sau công trình được thể hiện trong Hình 5 (WG6) xuất hiện nhiều đỉnh và giá trị mật độ năng lượng của các đỉnh phổ không có sự chênh lệch lớn. Hình dạng phổ sóng tại khu vực này tương tự như phổ sóng sau khi trải qua quá trình sóng vỡ nhiều lần. Đáng chú ý là sự xuất hiện của sóng với tần số thấp hay gọi là sóng trọng lực - infragravity waves (IG) chu kỳ đỉnh khoảng 25s được tạo ra trong quá trình sóng vỡ trên mái chuyển tiếp và trong vùng nước nông (Baldock, 2012). Ngoài ra, sóng dài được tạo ra từ các nhóm sóng cũng giống như sóng trọng lực tự do ở các điểm sóng vỡ của sóng IG. Sóng IG tồn tại trong khu vực bãi biển nông rừng ngập mặn hay rạn san hô.

Trong quá trình truyền sóng vào khu vực bãi nông của rừng ngập mặn, các con sóng ngắn bị vỡ làm cho tầm quan trọng của sóng IG bắt đầu tăng lên. Do đó, năng lượng sóng dài chiếm một phần lớn trong tổng năng lượng sóng tại khu vực này (Horstma et al, 2012; Phan et al, 2014). Quá trình này cũng được áp dụng cho việc thiết lập, tính toán điều kiện biên và quá trình truyền sóng trong thí nghiệm này. Hình 4 thể hiện sự biến đổi phổ sóng sau khi truyền qua công trình ứng với trường hợp cao trình đỉnh đê lớn, có thể thấy năng lượng của các con sóng ngắn phần lớn bị tiêu tán, trong khi năng lượng sóng dài vẫn còn khá lớn.

Những phân tích trên về sự biến đổi phổ sóng là cơ sở để khẳng định sóng dài có ý nghĩa quan trọng trong quá trình nghiên cứu truyền sóng qua đê giảm sóng kết cấu rỗng tại vùng rừng ngập mặn ven biển.



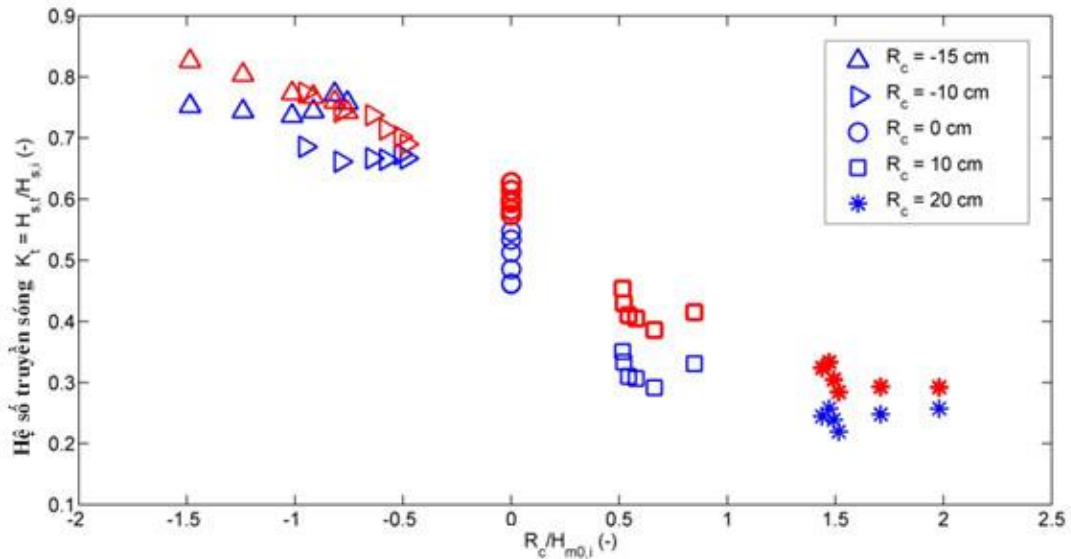
Hình 4. Phổ năng lượng sóng khi truyền qua cấu kiện



Hình 5. Kết quả phổ sóng đo đạc từ thí nghiệm ứng với các độ sâu $D=0.4;0.3;0.2m$

Ảnh hưởng của chiều cao lưu không đỉnh đê R_c/H_{m0}

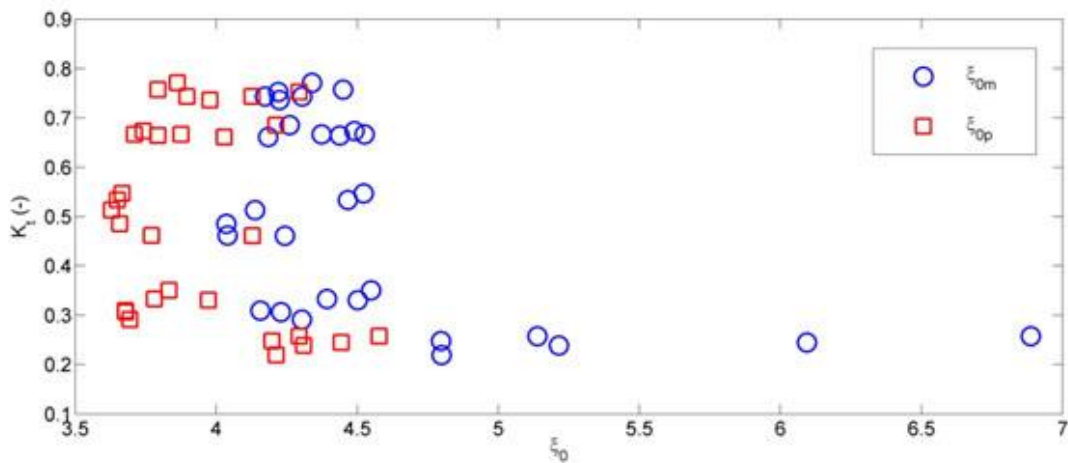
Sự phụ thuộc mạnh mẽ của hệ số truyền sóng K_t vào chiều cao lưu không đỉnh đê được thể hiện trong Hình 6. Khi $R_c/H_{m0} > 0.50$ thì hệ số truyền sóng gần như là không đổi ($K_t \sim 0.30$), trong trường hợp cao trình đỉnh đê lớn thì sóng truyền qua công trình rất nhỏ qua lỗ rỗng. Mặt khác, khi độ ngập lớn thì khả năng giảm sóng của công trình là khá nhỏ ($K_t=0.75-0.80$ khi $R_c/H_{m0} < -0.50$).



Hình 6. Ảnh hưởng của chiều cao lưu không đến hệ số truyền sóng

Chỉ số tương tự sóng vỡ Iribarren ξ_0

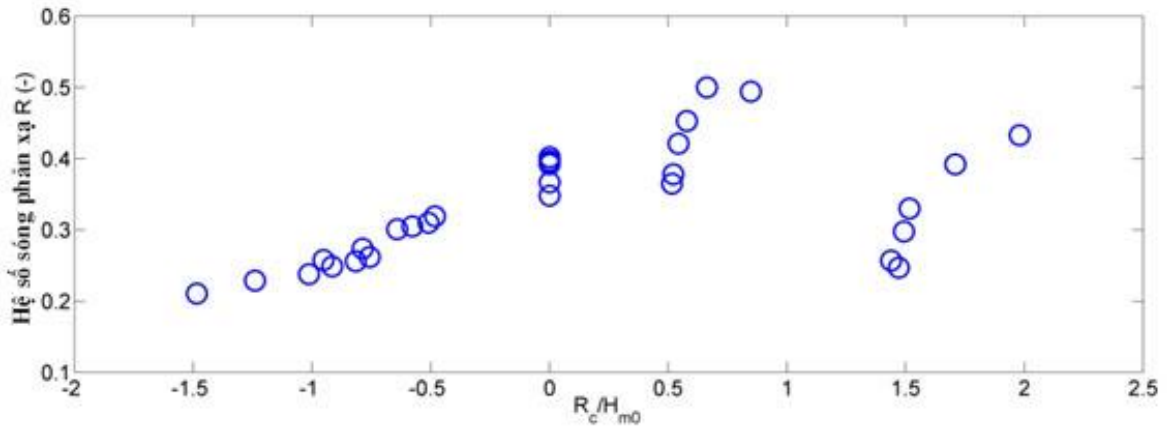
Hệ số truyền sóng qua đê giảm sóng cũng phụ thuộc vào hiện tượng sóng vỡ trên mái của công trình, tương tác này được thể hiện qua chỉ số Iribarren ξ_0 . Hình 7 mô tả sự phụ thuộc của chỉ số Iribarren ξ_0 từ dữ liệu thí nghiệm với chu kỳ đỉnh T_p (ξ_{0p}) và chu kỳ phổ $T_{m-1,0}$ ($\xi_{0m-1,0}$). Nhìn chung, sự phụ thuộc của ξ_0 theo xu hướng phi tuyến tính và sự phụ thuộc này khá nhỏ trong cả trường hợp R_c/H_{m0} lớn và nhỏ. Rõ ràng khi sử dụng $T_{m-1,0}$ thì sự tương quan xuất hiện tốt hơn so với sử dụng T_p .



Hình 7. Ảnh hưởng của chỉ số Iribarren đến hệ số truyền sóng

Sóng phản xạ

Sóng phản xạ phía trước công trình được tạo thành từ tương tác giữa sóng và công trình. Nó không được mô tả chi tiết trong quá trình truyền sóng, tuy nhiên thông qua việc xác định hệ số sóng phản xạ cho phép xác định khả năng tiêu tán năng lượng sóng của công trình.



Hình 8. Tương quan giữa hệ số sóng phản xạ và R_c/H_{m0}

Hình 8 thể hiện tương quan giữa hệ số sóng phản xạ và chiều cao lưu không tương đối của đỉnh đê. Cho thấy dạng công trình đê giảm sóng kết cấu rỗng này có hệ số sóng phản xạ khá cao trong trường hợp đê nhỏ ($K_r = 0.40 \sim 0.50$). Nhìn chung khi R_c/H_{m0} tăng thì sóng phản xạ cũng tăng theo, điều này do công trình chưa đủ độ rỗng để hấp thụ năng lượng sóng (độ rỗng bề mặt của cấu kiện 17.7%) hay bố trí lỗ rỗng chưa hợp lý. Trong trường hợp đê nhỏ cao, hầu hết năng lượng sóng phía sau công trình là do sự truyền qua của sóng IG và sóng tràn. Việc nhận biết và tính toán sóng phản xạ rất cần thiết trong quá trình thiết kế đê giảm sóng kết cấu rỗng, đặc biệt cho việc thiết kế giải pháp bảo vệ chân chống xói cho công trình.

3.2 Công thức thực nghiệm cho quá trình truyền sóng qua đê giảm sóng kết cấu rỗng

Các phân tích về các thông số ảnh hưởng nhiều nhất đến quá trình truyền sóng ở trên là cơ sở cho việc xây dựng công thức thực nghiệm. Công thức thực nghiệm ở đây được xây dựng dựa trên công thức có sẵn của Angremond et al (1996). Hai thông số chính được xem xét cho xây dựng công thức là độ ngập tương đối đỉnh đê R_c/H_{m0} và chỉ số tương tự sóng vỡ Iribarren ξ_0 . Công thức tổng quát cho hệ số truyền sóng qua đê giảm sóng kết cấu rỗng:

$$K_t = a \cdot \frac{R_c}{H_{s,i}} + b \cdot (1 - e^{-c \cdot \xi_0})$$

Với a, b và c là các hằng số thực nghiệm được xác định thông qua phương pháp phân tích hồi quy với dữ liệu có được từ kết quả thí nghiệm. So với công thức Angremond et al. (1996) bề rộng đỉnh đê không được xem xét ở đây, dạng công trình đê giảm sóng kết cấu rỗng được coi là dạng công trình có kết cấu hẹp. Chỉ số tương tự sóng vỡ Iribarren ξ_0 có thể được tính toán theo hai tham số là T_p hoặc $T_{m-1,0}$, tùy thuộc vào dữ liệu có sẵn. Phân tích hồi quy với những kết quả của dữ liệu thí nghiệm theo 2 tham số T_p và $T_{m-1,0}$, kết quả của phương pháp phân tích cho ra hai công thức tương ứng:

$$K_t = -0.22 \cdot \frac{R_c}{H_{s,i}} + 0.75 \cdot (1 - e^{-0.26 \xi_{0m-1,0}}) \quad (1)$$

$$K_t = -0.20 \cdot \frac{R_c}{H_{s,i}} + 0.66 \cdot (1 - e^{-0.39 \xi_{0p}}) \quad (2)$$

Khoảng áp dụng của công thức:

$$\frac{R_c}{H_{m0}} = -0.76 \sim 2.0$$

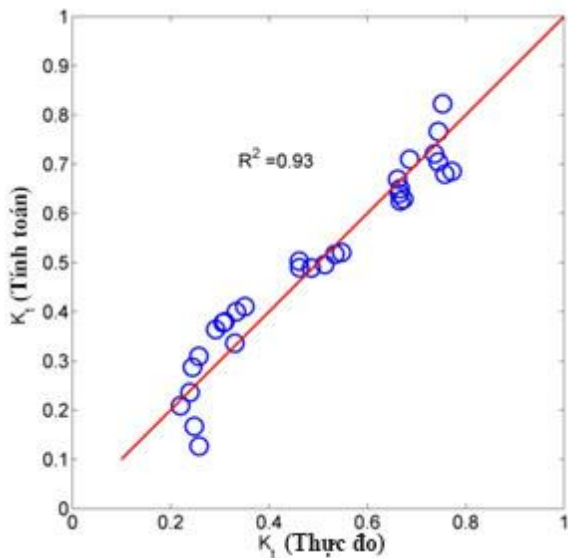
$$s_{0p} = 0.016 \sim 0.030$$

$$s_{0m} = 0.010 \sim 0.025$$

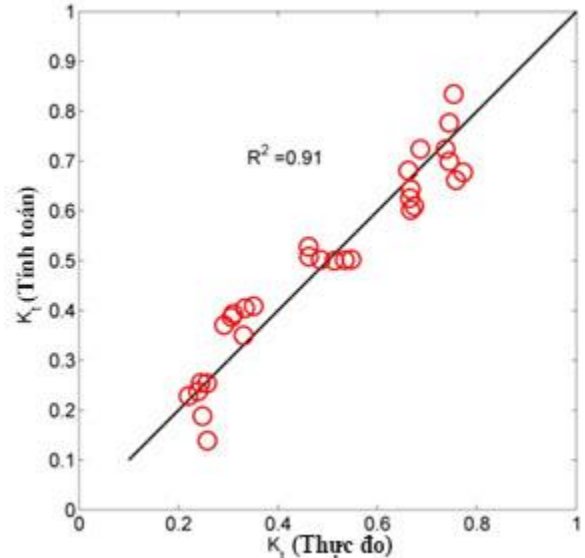
$$K_t = 0.22 \sim 0.77$$

Error! Reference source not found. và Hình 10 so sánh kết quả hệ số truyền sóng K_t theo công thức (1) và (2) với dữ liệu đo đạc tương ứng. Cả hai trường hợp đều cho kết quả tương quan tốt, tuy nhiên có thể thấy khi sử dụng $T_{m-1,0}$ cho hệ số tương quan tốt hơn so với sử dụng T_p .

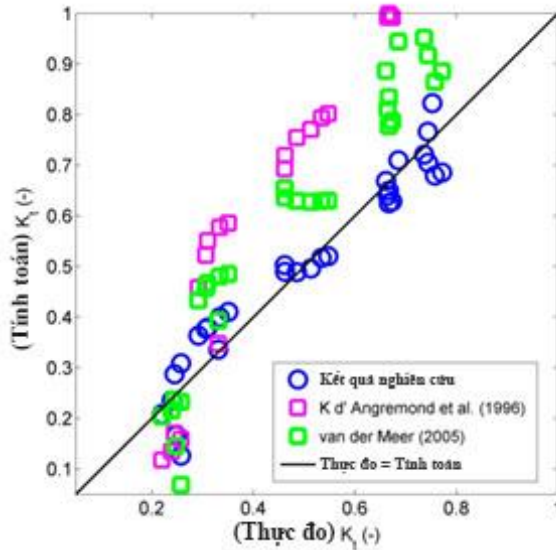
So sánh giữa công thức nghiên cứu hiện tại với các nghiên cứu trước đây của d'Angremond et al. (1996), van der Meer et al. (2005) cho loại đê chắn sóng truyền thống và đê giảm sóng dạng cọc, dạng đê ngầm và Van der Meer and Daemen (1994) cho loại đê chắn sóng đỉnh hẹp, truyền thống và cả cho dạng đê ngầm, dạng cọc. Cho thấy dữ liệu trong nghiên cứu hiện tại có kết quả tương đồng nhất với kết quả của nghiên cứu Van der Meer et al. (1993) cho loại đê giảm sóng đỉnh hẹp cho sóng truyền qua.



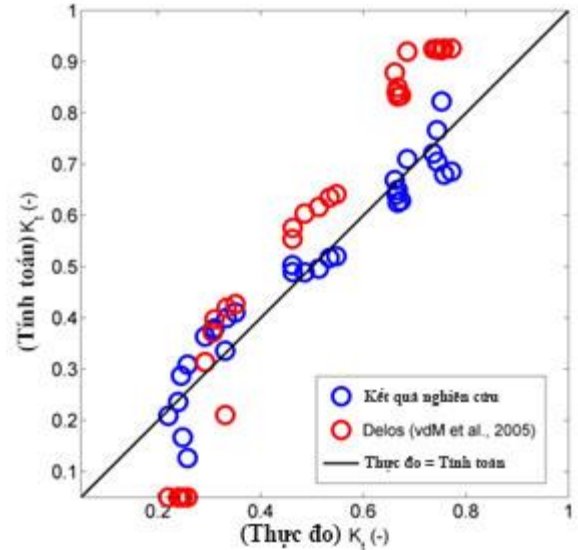
Hình 9. Dữ liệu hồi quy với $\zeta_{0m-1,0}$



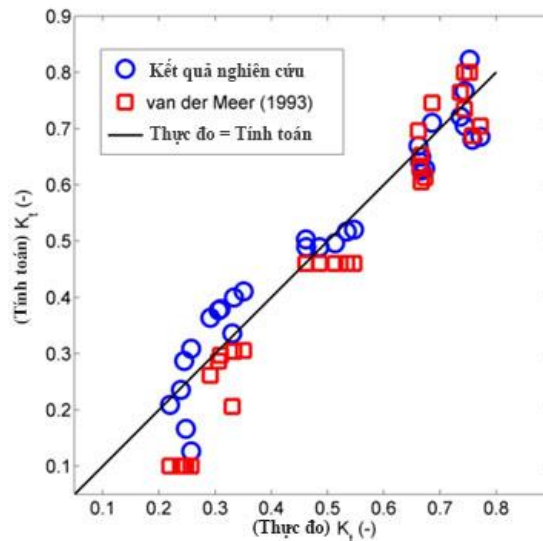
Hình 10. Dữ liệu hồi quy với ζ_{0p}



Hình 11 So sánh công thức thiết lập với công thức của đê giảm sóng dạng tròn và dạng cho sóng truyền qua (Angremond et al. 1996, Van der Meer et al. 2005)



Hình 12 So sánh với công thức của đê chắn sóng truyền thống và dạng cho sóng truyền qua (DELOS- Van der Meer et al. 2005)



Hình 13 So sánh với công thức của đê giảm sóng đỉnh hẹp (Van der Meer and Daemen, 1994)

4 KẾT LUẬN

Đê xây dựng công thức truyền sóng qua đê giảm sóng kết cấu rỗng, một chuỗi thí nghiệm bao gồm 60 kịch bản truyền sóng đã được thực hiện. Quá trình biến đổi phổ sóng trong khu vực bãi nông của rừng ngập mặn và qua đê giảm sóng cho thấy tầm quan trọng của năng lượng sóng dài trong quá trình truyền sóng. Năng lượng sóng ngắn hầu hết bị tiêu tán hoặc phản xạ, sóng phía sau công trình phần lớn là năng lượng sóng dài.

Quá trình truyền sóng qua đê giảm sóng kết cấu rỗng bị ảnh hưởng bởi hai yếu tố quan trọng là chiều cao lưu không tương đối đỉnh đê R_c/H_{m0} và chỉ số sóng vỡ trên mái công trình Iribarren ξ_0 .

Kết quả của quá trình phân tích cho thấy chu kỳ phổ $T_{m-1,0}$ nên được sử dụng để thay thế cho chu kỳ đỉnh T_p nhằm thể hiện rõ tầm ảnh hưởng của sóng dài trong khu vực nước nông.

Công thức thực nghiệm áp dụng cho đê giảm sóng kết cấu rỗng trên bãi nông của rừng ngập mặn đã được xây dựng với độ tin cậy cao dựa trên các so sánh với các công thức hiện có được đưa ra để tăng độ tin cậy cho kết quả thực nghiệm như d'Angremond et al.(1996), Van der Meer et al (2005) hay Van der Meer and Daemen (1994), kết quả của nghiên cứu này khá phù hợp với các kết quả nghiên cứu trước đây đặc biệt với nghiên cứu về dạng đê giảm sóng đỉnh hẹp của Van der Meer et al. (1993). Trong quá trình thiết kế đê giảm sóng kết cấu rỗng cần lưu ý:

- Cao trình đỉnh đê giảm sóng nên cao hơn mực nước triều (đê nhô) để tăng hiệu quả giảm sóng, hầu hết sóng bị chặn khi $R_c/H_{m0} > 0.50$.
- Giải pháp bảo vệ chân công trình nên được xem xét một cách kỹ lưỡng trong quá trình thiết kế đê giảm sóng kết cấu rỗng.

Trong nghiên cứu tới các yếu tố về phân bố độ rỗng của đê và chiều rộng đỉnh của cấu kiện đê giảm sóng rỗng đến hiệu quả giảm sóng sẽ được trình bày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Angremond, K., Van der Meer, J.W. and de Jong, R.J., 1996. Wave transmission at low-crested structures. Proc. 25th ICCE, ASCE, Orlando, USA. Implications for the concept of “bound” wave release at short wave breaking. Coastal Engineering, 60, pp. 276-285.
- Đặng Thị Linh và Thiều Quang Tuấn, 2015. Xây dựng quan hệ chu kỳ và chiều cao của sóng gió cho mùa vùng biển Bắc và Bắc Trung Bộ nước ta. *Hội nghị khoa học thường niên năm 2015, Đại học Thủy lợi*, Hà Nội, 407 – 409.
- Horstman, E., Dohmen-Janssen, M., Narra, P., van den Berg, N.J., Siemerink, M., Balke, T., Bouma, T., and Hulscher, S., 2012. Wave attenuation in mangrove forests; field data obtained in Trang, Thailand. *Proc. 33rd Int. Conf. Coastal Eng., ASCE*, pp. 40.
- Hughes, A.S., 1993. Physical models and laboratory techniques in coastal engineering, *World Scientific, Singapore*, 568 pp.
- Phan, L.K., van Thiel de Vries, J.S.M., and Stive, M.J.F., 2014. Coastal mangrove squeeze in the Mekong Delta. *Journal of Coastal Research*, 31, 2, pp. 233 – 243.
- Tuan, T.Q., Tien, N.V. and Verhagen, H.J., 2016. Wave transmission over submerged, smooth and impermeable breakwaters on a gentle and shallow foreshore. In: Proc. 9th PIANC-COPEDEC, pp. 897-905, Rio de Janeiro, BRAZIL.
- Van der Meer, J.W., Daemen, I.F.R., 1994. Stability and wave transmission at low crested rubble mound structures. *Journal of Waterway, Port Coastal and Ocean Engineering*, 1, 1-19.
- Van der Meer, J. W., Briganti, R., Zanuttigh, B. and Wang, B., 2005. Wave transmission and reflection at low-crested structures: Design formulae, oblique wave attack and spectral change. *Coastal Engineering*, 52, 915 - 929.
- Zelt, J.A. and Skjelbreia, J.E., 1992. Estimating incident and reflected wave fields using an arbitrary number of wave gauges. *Proc. 23rd Int. Conf. Coastal Eng., ASCE*, pp. 777-789.